

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Application of

Radmila ERKOCEVIC-PRIBIC

Confirmation No. 5869

U.S. Patent Application No. 10/660,786

Group Art Unit: 3662

Filed: September 12, 2003

Examiner: n/a

For: AGILE PRT DECONVOLUTION METHOD AND SYSTEMS, AND ITS USES

TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

At the time the above application was filed, priority was claimed based on the following application(s):

Netherlands Patent Application No. 1021513, filed September 23, 2002.

A copy of the priority application is enclosed.

Respectfully submitted,

LOWE HAUPTMAN GILMAN & BERNER, LLP

A handwritten signature in black ink that reads "Kenneth M. Berner".

Kenneth M. Berner
Registration No. 37,093

1700 Diagonal Road, Suite 300
Alexandria, Virginia 22314
(703) 684-1111
(703) 518-5499 Facsimile
Date: December 12, 2003
KMB/iyr

62862 USA

KONINKRIJK DER



NEDERLANDEN

Bureau voor de Industriële Eigendom



Hierbij wordt verklaard, dat in Nederland op 23 september 2002 onder nummer 1021513,
ten name van:

THALES NEDERLAND B.V.

te Hengelo

een aanvraag om octrooi werd ingediend voor:

"Agile PRT deconvolutie-werkwijze en -systemen en de toepassing ervan.",

en dat de hieraan gehechte stukken overeenstemmen met de oorspronkelijk ingediende stukken.

Rijswijk, 27 augustus 2003

De Directeur van het Bureau voor de Industriële Eigendom,
voor deze,

Mw. M.M. Enhus

SAMENVATTING

Werkwijze en systeem voor het deconvolueren van een met een agile PRT bemonsterd signaal en de toepassingsmogelijkheden ervan

Deze uitvinding heeft betrekking op het verwerken van radarsignalen. Met name betreft de uitvinding het verwerken van een met een agile PRT (Pulse Repetition Time, pulsherhalingstijd) bemonsterd signaal, uitgezonden met gebruikmaking van de gespreid-spectrumtechniek.

De uitvinding lost in het bijzonder de incompatibiliteit op tussen Doppler processing en gespreid spectrum, waardoor een verbeterde anti-jamming techniek wordt verwezenlijkt zonder de Doppler range te versmallen.

Een doel van de uitvinding is het realiseren van een werkwijze voor deconvolutie, die de volgende stappen omvat:

- [S0] Combineren van de pulsen met dezelfde draaggolffrequentie in een burst,
- [S2] Transformeren van de verkregen signalen van het tijd- tot het frequentiedomein,
- [S6] Deconvolueren van de verkregen spectra.

In een eerste uitvoeringsvorm van de uitvinding is een dergelijke deconvolutiewerkwijze aangepast aan een met een onregelmatige PRT bemonsterd signaal, omvattende een onregelmatige monsters naar regelmatige zero-padded monsters conversiestap [S1] tussen de combinatiestap en de transformatiestap.

[Afb. 3]

D deze uitvinding heeft betrekking op het verwerken van radarsignalen. Met name betreft de uitvinding het verwerken van een met een agile (van puls tot puls veranderende) PRT (Pulse Repetition Time, pulsherhalingstijd) beïmoneerd signaal, uitgezonden met gebruikmaking van de gespreid-spectrumtechniek.

RF (Radio Frequency, radiofrequente) puls-puls agility (elke puls een eigen RF) is een frequency hopping (frequentieverspringings-) methode die bekend staat als gespreid-spectrum techniek. Bij RF puls-puls agility wordt de draaggolf frequentie per puls veranderd. Hierdoor is een veel bredere frequentieband nodig dan de voor het zenden en ontvangen van een puls vereiste minimale bandbreedte.

Het voornaamste voordeel van RF puls-puls agility is de verhoogde immuniteit tegen jamming en interferentie. Het gespreide spectrum heeft radar en communicatie verbeterd sinds, respectievelijk, de veertiger en tachtiger jaren. Naast de jamming-onderdrukking kan een dergelijk gespreid spectrum bijvoorbeeld ook resulteren in een hoge rangeresolutie, frequentiecorrelatie enz.

Zelfs indien de corresponderende Dopplersnelheid constant blijft binnen een burst (d.w.z. binnen een coherent processing-interval), houdt een dergelijke RF puls-puls agility in de tijd variërende Dopplerspectra in. De spectraalanalyse van in de tijd variërende spectra betekent in radartoepassingen: Doppler processing wanneer de Dopplerfrequentie verandert van één puls naar de volgende.

Conventionele Doppler processing schiet tekort, aangezien deze gebaseerd is op een constante frequentie gedurende een burst. Dit is de reden dat de combinatie van de RF agility met coherente processing altijd als moeilijk zo niet onmogelijk is beschouwd.

Zelfs indien radarsignalen met de Dopplerfase per puls geëxtraheerd zouden kunnen worden, komen grote problemen juist aan het licht in Doppler processing, hoofdzakelijk omdat de ontvangen Dopplerfase evenals de

radardoorsnede van het doel kan verschillen bij verschillende draagfrequenties.

In een volledig coherente radar worden alle frequenties gegenereerd uit één referentie-oscillator, waardoor de fasecoherentie inherent is.

Draaggolffrequentie f_{RF} , middenfrequenties f_A en f_{LO} , bemonsteringsfrequentie f_S en PRF (Pulse Repetition Frequency, pulsherhalingsfrequentie) f_{PRF} worden gegenereerd uit één en dezelfde oscillator. RF agile radar vereist meer dan één middenfrequentie $f_{A,n}$ en ook daaraan kan worden tegemoetgekomen door van dezelfde oscillator een aantal verschillende frequenties per puls $f_{RF,n}$ te betrekken.

Cohérente integratie vereist niet-willekeurige fasen van gereflecteerde pulsen. In een coherente radar is de uitgezonden fase bekend, maar een dergelijke gecontroleerde fase kan beschadigd raken tijdens de propagatie.

Bij tijdvertraging t na de n de puls kan het ontvangen radarsignaal $s(t_n)$, $t_n = t + (n+1)t_{PRT}$ (na analog/digitaal omzetting) als volgt worden gemodelleerd:

$$s(t_n) = \alpha \cdot g(\omega t_n - \theta) \cdot e^{j\phi(t_n)} \Rightarrow e^{j\phi(t_n)}$$

waarbij α , $g()$ en $\phi()$ respectievelijk de van de doelradardwarsdoorsnede afhankelijke complexe doelsecho, het spanningsversterkingspatroon van de zend-ontvangantenne met de aftastsnellheid ω en de doelsbakhoek θ en de ogenbliksfase vertegenwoordigen. Van het antennepatroon wordt aangenomen dat dit constant is binnen een burst, bijvoorbeeld $g()=1$. In het algemeen zal de PRT t_{PRT} ook constant zijn.

Een ander nadeel van de RF agility is dat deze de doelsecho α kan doen fluctueren, onafhankelijk van puls-puls, indien een doel veel verstrooiers heeft in plaats van een enkele verstrooier en zeker indien de individuele verstrooiers willekeurig bewegen.

Indien één (dominante) verstrooier en geen puls-puls afhankelijkheid worden aangenomen, blijven de fasen van de gereflecteerde pulsen niet-willekeurig. Een andere wijze van Doppler processing dan DFT (Discrete

Fourier Transform, discrete Fouriertransformatie) is nodig, tenzij monsters verzameld worden uit de pulsen met dezelfde frequentie.

In een extreem doelmodel, zoals bijvoorbeeld het Swerling model II,

- 5 dragen vele verstrooiers gelijkelijk bij aan het echosignaal. De resulterende amplitude is Rayleigh gedistribueerd en van de resulterende fase kan slechts worden aangenomen dat deze uniform gedistribueerd is in $[0, 2\pi]$. In overeenstemming hiermee is niet Doppler processing maar slechts incoherente integratie toepasbaar.

10

Door reflectoren aan te nemen die niet op elkaar inwerken of op een willekeurige manier bewegen, zijn niet-willekeurige fasen nodig. De amplitudevariabiliteit is echter beduidend minder storend dan de variabiliteit van de fase. In het algemeen zou er ruis door toegevoegd worden aan de 15 resultaten van de Doppler processing.

20

Decorrelatie van radarecho's impliceert geen coherentie, d.w.z. onbekende fasen en daardoor uiteindelijk onbekende radiale snelheden. Gelukkig zijn er eilandjes van frequentiecorrelatie die afhankelijk zijn van de doelsafmetingen en -positie maar ook van de RF en de verandering daarin. Een RF agility-patroon kan daarom worden gekozen dat resulteert in gecorreleerde radarecho's, hetgeen coherent processing mogelijk maakt.

25

In ieder geval zijn er in de tijd variërende spectra aanwezig in een coherente Doppler RF agile pulsradar. Dientengevolge is de Fourier analyse niet meer van toepassing.

30

In het artikel "High Accuracy 35 GHz Tracking Radar", Oderland, I., Nordlöf, Lelijon, B., *Proceedings of IEEE International Radar Conference 1990*, werden in de tijd variërende spectra vermeden door pulsen met dezelfde draaggolffrequentie te combineren. Het artikel beschrijft dat een dergelijke werkwijze uitsluitend kan worden toegepast met een constante PRT. Deze golfvorm verlaagt echter de Doppler range. Dit betekent dat het bereik van mogelijke niet-ambigue Dopplersnelheden snel daalt met het 35 stijgende aantal verschillende draaggolffrequenties in een burst.

De onderhavige uitvinding elimineert de bovengenoemde nadelen; met name wordt een oplossing geboden voor de incompatibiliteit tussen Doppler processing en gespreid-spectrum, waardoor in een verbeterde anti-jamming techniek wordt voorzien, zonder de Doppler range te versmallen.

5 jamming techniek wordt voorzien, zonder de Doppler range te versmallen.

Een doel van deze uitvinding is een werkwijze voor deconvolutie die de volgende stappen omvat:

10 □ [S0] Combineren van de pulsen met dezelfde draaggolf in een burst,
 □ [S2] Transformeren van de verkregen signalen van het tijd- tot het frequentiedomein,
 □ [S6] Deconvoluueren van de verkregen spectra.

15 In een eerste uitvoeringsvorm van deze uitvinding is een dergelijke deconvolutiewerkwijze aangepast aan een met een onregelmatige PRT bemonsterd signaal omvattende, tussen de combinatiestap en de transformatiestap, een conversiestap [S1] waarin onregelmatige monsters worden geconverteerd naar regelmatige zero-padded (met nullen opgevulde) 20 monsters.

Een ander doel van deze uitvinding is een deconvolutiesysteem van met een PRT bemonsterd signaal $x(t_m)$, met het kenmerk dat het omvat:
 - Middelen voor het combineren van de pulsen met dezelfde frequentie
 25 in een burst,
 - Middelen voor het transformeren van deze pulsen van het tijd- tot het frequentiedomein,
 - Middelen voor het deconvoluueren van de spectra.

30 In een eerste uitvoeringsvorm van dit andere doel van de uitvinding omvat een dergelijk deconvolutiesysteem middelen voor het converteren van onregelmatige monsters $x(t_m)$ tot regelmatige zero-padded monsters $r(iT_c)$, welke converteringsmiddelen de onregelmatige pulsen, gegroepeerd naar frequentie, ontvangen van de combineringsmiddelen en de zero-padded 35 monsters zenden naar de transformeringsmiddelen.

Nog een ander doel van deze uitvinding is een van een deconvolutiewerkwijze zoals hiervoor beschreven gebruikmakend
emitterend/ontvangend systeem, omvattende een antenne 1, een referentie-
oscillator 6, een A/D (analoog/digitaal) omzetter 13 en een processor, die de
boven beschreven deconvolutiewerkwijze implementeert.

Bovendien is weer een ander doel van deze uitvinding het gebruik van
een dergelijke deconvolutiewerkwijze in een radarsysteem.

10

Een ander doel van deze uitvinding is het gebruik van een dergelijke
deconvolutiewerkwijze voor anti-jamming.

Verdere kenmerken en voordelen van de uitvinding zullen duidelijk
15 worden uit de volgende beschrijving van voorbeelden van uitvoeringsvormen
van de uitvinding, onder verwijzing naar de afbeeldingen, die bijzonderheden
weergeven die essentieel zijn voor de uitvinding en naar de conclusies. De
individuele bijzonderheden kunnen apart, allemaal of in elke gewenste
combinatie worden gerealiseerd in een uitvoeringsvorm van de uitvinding.

20

- Afbeelding 1, blokschema van een coherente Doppler RF agile
pulsradar front-end (voorste deel) volgens de uitvinding,
- Afbeelding 2, overlappende bursts met onregelmatige PRT monsters
volgens de uitvinding,
- Afbeelding 3, stroomschema van belangrijke stappen in de
deconvolutiewerkwijze volgens de uitvinding.

Afbeelding 1 toont een blokschema van het zender/ontvanger deel in
een radar, waarin de deconvolutiewerkwijze volgens de uitvinding wordt
30 gebruikt. De antenne 1 van de radar kan bestaan uit, bijvoorbeeld, een vaste
straler, aangesloten op een duplexer 2 die bijvoorbeeld uit een circulator
bestaat.

Met de duplexer 2 is op een op zich bekende manier een zendende
35 eenheid 3 verbonden plus een mengtrap 10, waarvan de uitgang is

aangesloten op de middenfrequentieversterker 11. Een met de mengtrap 10 via een frequentievermenigvuldiger 7 verbonden lokale oscillator 6 levert een signaal waarvan de frequentie $f_{A,n}$ gevormd wordt door een middenfrequentie die een veelvoud is van de lokale middenfrequentie f_{LO} : $f_{A,n} = K_{A,n} f_{LO}$.

5

Een pulsmodulator 4 is verbonden met de zendende eenheid 3, die bijvoorbeeld bestaat uit een RF versterker en, indirect, met de lokale oscillator 6. De pulsmodulator 4 moduleert het signaal op een zekere vooraf bepaalde draaggolffrequentie $f_{RF,n} = f_{A,n} + f_{LO}$ met een zekere vooraf bepaalde

- 10 PRT $f_{PRF} = f_{LO}/K_{PRF}$. De draaggolffrequentie $f_{RF,n}$ wordt afgegeven door de operator (bewerkingseenheid) 9, die een eerste, rechtstreeks van de lokale referentie-oscillator 6 ontvangen, middenfrequentie f_{LO} en een door de frequentievermenigvuldiger 7 gegenereerde tweede middenfrequentie $f_{A,n}$ bijvoegt. De PRF f_{PRF} wordt gegenereerd door een met de uitgang van de lokale referentie-oscillator 6 verbonden frequentiedeler 5, $f_{PRF} = f_{LO}/K_{PRF}$.
- 15 Deze wordt onregelmatig gemaakt door K_{PRF} te veranderen.

Verder is een signaalbehandelende eenheid 12 verbonden met de uitgang van de middenfrequentieversterker 11 en met de lokale referentie-oscillator 6. De eenheid 12 bestaat uit een fasedetector, die de

- 20 Dopplerfrequentie reproduceert en deze zendt naar een A/D omzetter 13. De A/D omzetter 13 is ook verbonden met de uitgang van een frequentievermenigvuldiger 8, die een bemonsteringsfrequentie f_s genereert. De frequentievermenigvuldiger 8 is verbonden met de lokale referentie-oscillator 6, waardoor de bemonsteringsfrequentie afhangt van de
- 25 middenfrequentie: $f_s = K_s f_{LO}$.

- 30 De in Afbeelding 1 weergegeven eenheden corresponderen met de eenheden in een coherente Doppler RF agile pulsradar front-end volgens de uitvinding. Alle frequenties worden gegenereerd uit één enkele referentie-oscillator, waardoor de fasecoherentie inherent is. De draaggolffrequentie f_{RF} , de middenfrequenties f_A en f_{LO} , de bemonsteringsfrequentie f_s en de PRF f_{PRF} worden gegenereerd uit één en dezelfde oscillator 6.

De versterkers 3 en 11 bestaan uit een RF versterker om er voor te zorgen dat de front-end van een RF radar is. Daarbij komt dat de agile radar meer dan één middenfrequentie $f_{A,n}$ nodig heeft, zodat dan een aantal verschillende draaggolf frequenties $f_{RF,n}$ gegenereerd kunnen worden.

5

Afbeelding 2 toont overlappende bursts met onregelmatige PRT monsters volgens een eerste uitvoeringsvorm van de uitvinding. In een eerste stap van de deconvolutiewerkwijze worden de pulsen met dezelfde RF gecombineerd zoals aangegeven door de gearceerde RF1 pulsen.

10

Onregelmatige bemonstering wordt veel minder algemeen toegepast dan uniforme bemonstering, omdat de tijd- en frequentie-analyses van onregelmatige monsters tamelijk ingewikkeld zijn.

15

Willekeurige bemonstering houdt gewoonlijk in dat willekeurige getallen opgeteld worden bij regelmatige bemonsteringstijden. Het op DFT gebaseerde vermogensspectrum van willekeurige monsters bestaat uit het vermogensspectrum van een signaal plus toegevoegde ongecorreleerde ruis. Bijvoorbeeld, zelfs bij een ruisvrij, met de Nyquist bemonsteringsfrequentie 20 bemonsterd signaal, kan de signaal-ruisverhouding van de output alleen maar 1 zijn.

20

Deterministische onregelmatige bemonstering houdt in, het periodiek herhalen van dezelfde sequentie van K onregelmatige intervallen met het gemiddelde bemonsteringsinterval T_s . Het bemonsteren wordt gewoonlijk interlaced genoemd wanneer K=2 en multi-rate of bunch wanneer K een willekeurige lengte heeft. Aangezien een dergelijke bemonsteringsset K regelmatige bemonsteringssets bevat, geeft DFT K pieken (uit elke frequentiecomponent van een signaal) binnen het door de bemonsteringsfrequentie $1/T_s$ begrensde bereik.

35

Voor een regelmatige bemonsteringsset $\{nT\}$, zodanig dat $T \leq 1/(2B)$, wordt een, tot een frequentieband B beperkt, reëel signaal $x(t)$ uitgedrukt als $x(t) = \sum_n x(nT) \sin c[2B(t - nT)]$. Onregelmatige monsters zijn in theorie goed te begrijpen, maar de ervoor benodigde werkwijzen zijn meestal te

gecompliceerd. Voor een onregelmatige bemonsteringsset $\{t_n\}$ wordt de reconstructie met de bi-orthogonale bases $\{\text{sinc}[2B(t - nT)]\}$ en $\{\Psi_n(t)\}$, uitgedrukt als: $x(t) = \sum_n c_n \cdot \text{sinc}[2B(t - t_n)] = \sum_n x(t_n) \Psi_n(t)$, waarbij c_n het inproduct is van $x(t)$ en $\{\Psi_n(t)\}$. Indien de set $\{t_n\}$ begrensd is als $|t - t_n| < 1/(8B)$, is $\Psi_n(t)$ een Lagrange interpolatiefunctie. Basisfuncties kunnen ook frames zijn, d.w.z. bases waarvan de orthogonaliteit niet wordt vereist. De frame omstandigheden zijn veel zwakker en beter bruikbaar voor praktische doeleinden.

10 De in het Amerikaanse octrooi US 6,081,221 voorgestelde NSSL groothelddconvolutie wordt gebruikt bij grondradar voor de Doppler processing van interlaced bemonsteringsschema's. In het algemeen is een NSSL bemonsteringsset $\{t_m\}$ multi-rate, met snelheid K en het gemiddelde interval T_K . Een NSSL tijdsinterval $(t_{m+1} - t_m)$, evenals de gehele sequentie KT_e , zijn gehele veelvouden van het grootste gemeenschappelijke tijdsinterval T_e , $KT_e = LT_e$, zodat de kleinste regelmatige set $\{iT_e\}$, $\{t_m\} \subset \{iT_e\}$ kan bevatten.

20 Op deze wijze worden de onregelmatige monsters $x(t_m)$ geconverteerd naar de zero-padded monsters $r(iT_e)$ die een product zijn van een bemonsteringsschema c_i , $c_i = \delta(iT_e - t_m)$, en de regelmatige monsters $x(iT_e)$.

Op basis van deze betrekking: $r = \text{diag}(c) \cdot x$ (in vectorform), kan het spectrum van x , als volgt worden afgeleid:

25 $dft(r) = dft(c) * dft(x) = C \cdot dft(x)$
 $|dft(x)| = |C|^{-1} \cdot |dft(r)|$

waarbij C een Toeplitz matrix is waarvan de rijvectoren cyclisch worden verschoven ($dft(c)$). Omdat C singulier is - en dus niet omkeerbaar - dienen volgens NSSL de grootheden in plaats daarvan gebruikt te worden.

30 Dit is alleen van toepassing indien er geen complexe toevoegingen in het product $C \cdot dft(x)$ zijn. Deze voorwaarde impliceert de bandbreedte van x , maar dat is bij de meeste radars geen belemmering.

Het spectrum $|df(r)|$ bevat L replica's van het spectrum $|df(x)|$ en deze worden gewogen door de coëfficiënt uit $|df(c)|$, in een frequentiebereik dat L/K malen breder is dan de gemiddelde bemonsteringsfrequentie f_s . De deconvolutie geeft de krachtigste replica, d.w.z. het signaalspectrum $|df(x)|$.

5

Alleen de NSSL werkwijze ondersteunt frequenties boven de Nyquist frequenties, namelijk tot maximaal L/K malen de bemonsteringsfrequentie.

In volgadars, waarbij de verwachte Dopplereffecten vrij goed bekend
10 zijn, kunnen de signaalspectra, ondersteund door NSSL toereikend zijn. Het gebruik, namelijk, van de grootheden in

$$df(r) = df(c) * df(x) = C \cdot df(x)$$

$$|df(x)| = |C|^{-1} \cdot |df(r)|$$

impliceert dat het spectrum van het signaal x niet breder kan zijn dan N/L
15 spectraallijnen, waarbij N en L, respectievelijk, het aantal regelmatige monsters (d.w.z. de lengte van de vectoren r en x) en de lengte van de onderliggende onregelmatige sequentie zijn. NSSL kan ook werken in gevallen waarin het signaalspectrum breder is dan N/L, maar geen van de afstanden tussen de spectraallijnen kan een geheel veelvoud zijn van N/L.

20

Het bereik van niet-ambigue frequenties kan onbeperkt uitbreiden, maar het filteren van clutter wordt steeds ingewikkelder naarmate de complexiteit van de bemonstering toeneemt.

25

Met het oog hierop omvat een uitvoeringsvorm van de deconvolutiewerkwijze een conversiestap. Deze bestaat uit de omzetting van de onregelmatige monsters met dezelfde RF in regelmatige zero-padded monsters, één voor elke RF.

30

De deconvolutiewerkwijze volgens de uitvinding wordt geïllustreerd door Afbeelding 3. De werkwijze kan samengevat worden door de volgende stappen:

[S0: combinierende stap] De pulsen worden gecombineerd per draaggolf (RF);

[S2: DFT stap] Het spectrum $dft(r)$ van deze regelmatige monsters wordt berekend;

[S6: deconvolutiestap] De resterende spectra worden gedeconvolueerd.

5

Aan een eerste uitvoeringsvorm van de voor onregelmatige PRT monsters geïmplementeerde deconvolutiewerkwijze is een extra stap gevoegd tussen de combinatiestap [S0] en de DFT stap [S2], namelijk:

[S1: conversiestap] De onregelmatige monsters $x(t_m)$ worden

10 geconverteerd tot regelmatige monsters $r(iT_e)$.

De volgende extra stappen kunnen voorkomen tussen de DFT stap [S2] en de deconvolutiestap [S6]:

15 [S3: isolatiestap] De clutterspectra worden geïsoleerd, door clutter spreiding aan te nemen over meer dan enkele range gates;

[S4: schattingstap] De spectraallijnen van de clutter worden geschat uit het gemiddelde en de breedte van de geïsoleerde clutterspectra;

[S5: aftrekkingstap] De clutterspectra worden afgetrokken van het totale spectrum $dft(r)$;

20 waarbij in stappen S5 en S6 de berekeningen aangepast worden aan het cluttertype door de in stap S3 gegeven clutterspectra.

In een tweede uitvoeringsvorm kan ook het spectrum $dft(c)$ worden berekend en kunnen de L niet-nul componenten ervan worden gevonden in 25 stap S2. In een derde uitvoeringsvorm kunnen de amplitudes van de clutterspectra worden geschat in stap S4. Op deze wijze kunnen de convolutiebewerkingen worden gereduceerd, gebaseerd op de L niet-nul spectrale componenten tussen stappen S5 en S6. In andere uitvoeringsvormen kunnen deze tweede en derde uitvoeringsvormen worden 30 gecombineerd.

Verder kunnen de spectraallijnen van de clutter worden geschat uit het gemiddelde in $\bar{\tau}_d = \arg[r(\tau_1)]/(2\pi\tau_1)$ en/of de breedte in

$$\sigma_f = \frac{\sqrt{\ln[\rho(\tau_1)/\rho(\tau_2)]}}{\sqrt{6\pi\tau_1}} \Rightarrow \sigma_{cl} > 3\sigma_f \text{ van de geïsoleerde spectra [S4].}$$

Bovendien kunnen de amplitudes van de clutterspectra worden geschat door

$$\hat{g}_d(i, k) = \begin{cases} d_k \sum_l d_l^* \cdot z_{l+1+(l-1)\frac{N}{L}} & \text{for } i \geq 0 \\ d_{k,L} \sum_l a_{l,L}^* \cdot z_{l+1+l\frac{N}{L}} & \text{for } i < 0 \end{cases} \quad [\text{S4}]$$

De convolutiebewerking kan worden teruggebracht tot

$$5 \quad \begin{aligned} dft(r) &= dft(c) * dft(x) = C \cdot dft(x) \\ |dft(x)| &= |C|^{-1} \cdot |dft(r)| \end{aligned}$$

voordat de resterende spectra in $dft(r) = dft(c) * dft(x) = C \cdot dft(x)$ worden
 $|dft(x)| = |C|^{-1} \cdot |dft(r)|$
 gedeconneveerd [S6].

Een van de voordelen van de deconvolutiewerkwijze volgens de
 10 uitvinding is dat deze werkt boven de Nyquist frequenties, voorziet in een
 filterwerkwijze voor alle soorten clutter en kan dienen voor anti-jamming.

Meer in het algemeen kan een dergelijk deconvolutiesysteem worden
 toegepast voor het met gebruikmaking van een gespreid-spectrumtechniek
 15 deconvolueren van elk willekeurig onregelmatig bemonsterd signaal - niet
 alleen van radarsignalen.

CONCLUSIES

1. Deconvolutiewerkwijze voor een met een agile (van puls tot puls veranderende) PRT (Pulse Repetition Time, pulsherhalingstijd) bemonsterd signaal $x(t_m)$, met het kenmerk dat deze de volgende stappen omvat:
 - 5 - [S0] Combineren van de pulsen met dezelfde draaggolffrequentie in een burst,
 - [S2] Transformeren van de verkregen signalen van het tijd- tot het frequentiedomein,
 - [S6] Deconvolueren van de verkregen spectra.
- 10 2. Deconvolutiewerkwijze volgens de voorgaande conclusie, met het kenmerk dat de tijd- tot frequentiedomeintransformatiestap [S2] de berekening omvat van de DFT (Discrete Fourier Transform, discrete Fouriertransformatie) van de monsters naar frequentie.
- 15 3. Deconvolutiewerkwijze volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk dat de tijd- tot frequentiedomeintransformatiestap [S2] de volgende dælstappen omvat:
 - Berekenen van het bemonsteringsschemaspectrum $dft(c)$,
 - Opzoeken van de L niet-nul componenten ervan.
- 20 4. Deconvolutiewerkwijze volgens een van de voorgaande conclusies, met het kenmerk dat, indien $x(t_m)$ een met een onregelmatige PRT bemonsterd signaal is, deze een onregelmatige monsters $x(t_m)$ naar regelmatige zero-padded (met nullen opgevulde) monsters $r(iT_o)$ conversiestap [S1] omvat tussen de combinatiestap [S0] en de tijd- tot frequentiedomeintransformatiestap [S2].
- 25 5. Deconvolutiewerkwijze volgens een van de voorgaande conclusies, met het kenmerk dat deze, tussen de tijd- tot frequentiedomeintransformatiestap [S2] en de deconvolutiestap [S6], de volgende stappen omvat:
 - [S3] isoieren van de clutterspectra, door clutter spreiding aan te nemen over meer dan enkele range gates;

- [S4] schatten van de spectraallijnen van de clutter uit het gemiddelde en de breedte van de geïsoleerde clutterspectra;
- [S5] aftrekken van de geschatte clutterspectra van het totale spectrum.

5 6. Deconvolutiesysteem van een met een agile PRT bemonsterd signaal $x(t_m)$, met het kenmerk dat dit omvat:

- Middelen voor het combineren van de pulsen met dezelfde frequentie in een burst;
- Middelen voor het transformeren van deze pulsen van het tijd- tot het frequentiedomein,
- Middelen voor het deconvolueren van de spectra.

10 7. Deconvolutiesysteem volgens de voorgaande conclusie, met het kenmerk dat het middelen omvat voor het converteren van onregelmatige monsters $x(t_m)$ tot regelmatige zero-padded monsters $r(T_c)$, welke converteringsmiddelen de onregelmatige pulsen, gegroepeerd naar frequentie, ontvangen van de combineringsmiddelen en de zero-padded monsters zenden naar de transformermiddelen.

15 8. Deconvolutiesysteem volgens conclusie 6 of 7, met het kenmerk dat het omvat, tussen de transformermiddelen en de deconvolutiemiddelen:

- Middelen voor het isoleren van de clutterspectra in $dft(r)$, door clutterspreiding aan te nemen over meer dan enkele range gates;
- Middelen voor het schatten van de spectraallijnen van de clutter uit het gemiddelde en de breedte van de geïsoleerde clutterspectra;
- Middelen voor het aftrekken van de geschatte clutterspectra van het totale spectrum $dft(r)$.

20 9. Emitterend/ontvangend systeem, omvattende een antenne (1), een referentie-oscillator (6), middelen voor het synthetiseren van een op de referentie-oscillator (6) aangesloten draaggolf frequentie (7,9), middelen voor het synthetiseren van een op de referentie-oscillator (6) aangesloten PRF (Pulse Repetition Frequency, pulsherverhalingsfrequentie) (5), een A/D (analoog/digitaal) omzetter (13) en een processor, met het kenmerk dat de

processor de deconvolutiewerkwijze implementeert volgens een van de conclusies 1 tot en met 5.

10. Toepassing van de deconvolutiewerkwijze volgens een van de conclusies 5 tot en met 5 in radarsystemen.

11. Toepassing van het deconvolutiesysteem volgens een van de conclusies 6 tot en met 8 in radarsystemen.

- 10 12. Toepassing van het emitterende/ontvangende systeem volgens conclusie 9 in radarsystemen.

13. Toepassing van de werkwijze volgens conclusie 1 als een anti-jamming methode.

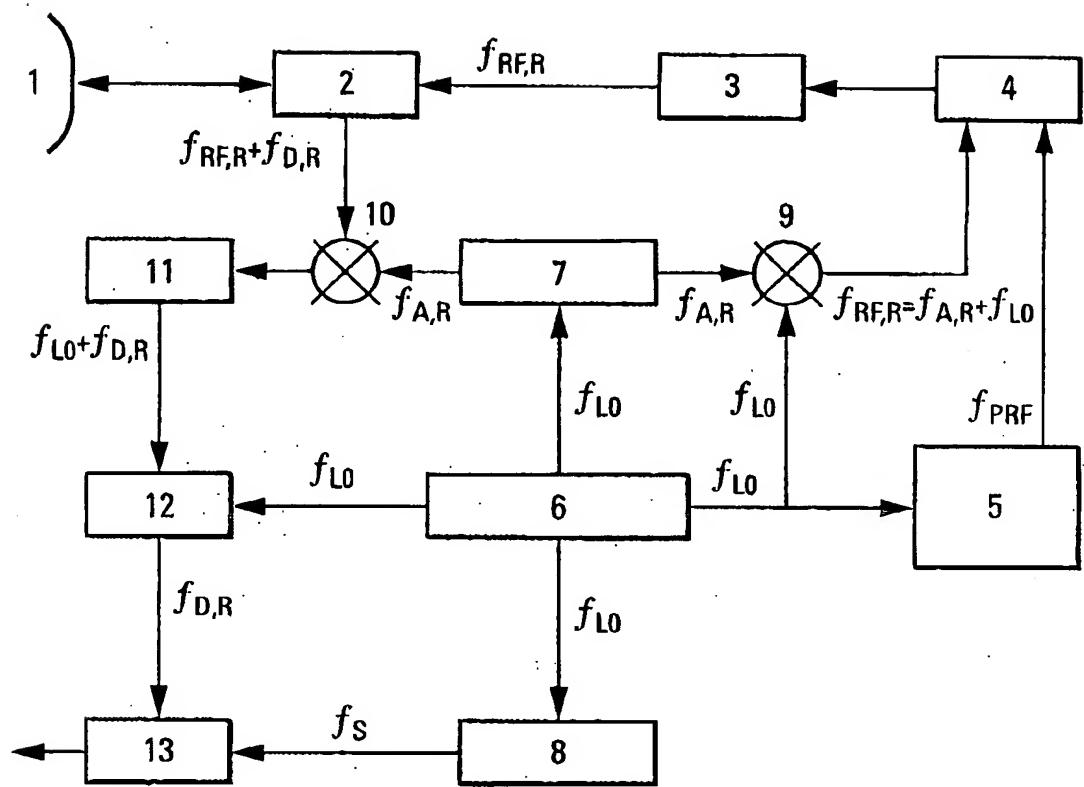


Fig. 1

2/3

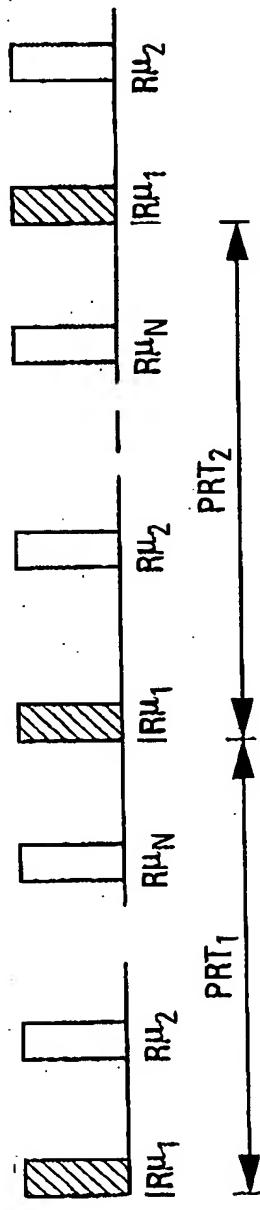


Fig. 2

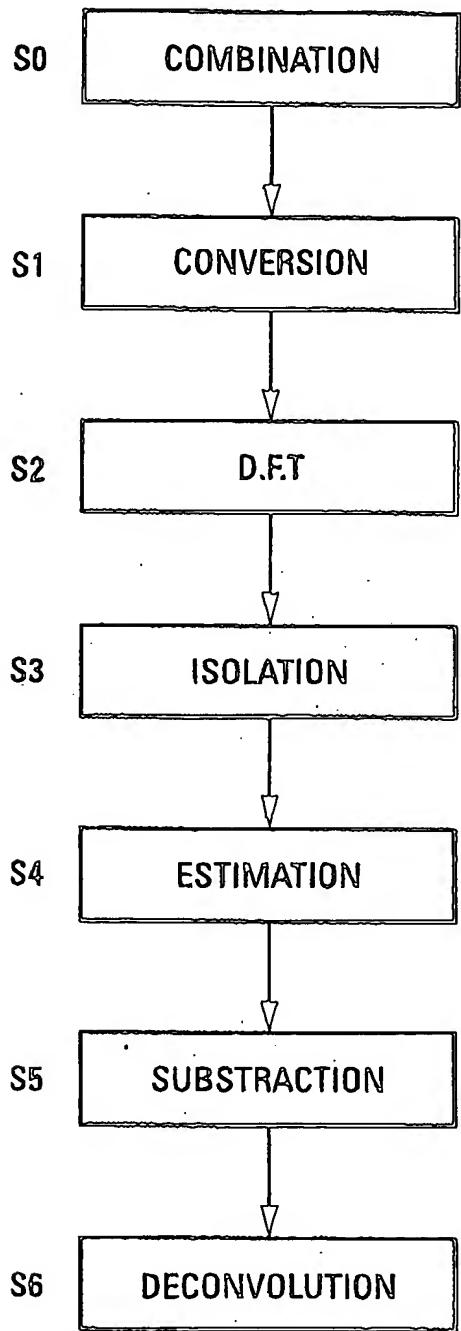


Fig. 3